

石窑店煤矿建设及生产过程中水土流失预测研究

邹兵华¹, 李占斌¹, 李鹏¹, 朱冰冰¹, 鲁克新¹, 杜中¹, 王双平²

(1. 西安理工大学 西北水资源与环境生态教育部重点实验室, 陕西 西安 710048;

2. 黄河水利委员会 天水水土保持科学试验站, 甘肃 天水 741000)

摘要: 石窑店煤矿在建设及生产过程中会不同程度地破坏地表植被、改变土壤结构、损坏现有的水土保持设施,同时产生大量的弃土弃渣。针对石窑店煤矿在建设及生产过程中的水土流失和生态环境恶化问题,在现场勘察和分析相关资料、文件的基础上,预测了该煤矿在建设及生产过程中扰动原地貌、损坏土地和植被的面积、弃渣量、损坏水土保持设施的面积和数量及可能造成新增水蚀、风蚀量,预测结果为合理布设该矿区水土保持与生态修复措施提供科学依据和技术支撑。

关键词: 水土流失; 弃土弃渣; 水土保持

文献标识码: A

文章编号: 1000—288X(2008)05—0028—05

中图分类号: S157.1

Soil and Water Loss Prediction in the Construction and Production Processes of Shiyao dian Coal Mine

ZOU Bing-hua¹, LI Zhan-bin¹, LI Peng¹, ZHU Bing-bing¹, LU Ke-xin¹, DU Zhong¹, WANG Shuang-ping²

(1. Key Laboratory of Northwest Water Resources and Environment Ecology of MOE, Xi'an

University of Technology, Xi'an, Shaanxi 710048, China; 2. Tianshui Experimental Station of Soil and Water Conservation, the Water Conservancy Committee of the Yellow River, Tianshui Gansu 741000, China)

Abstract: In the construction and production processes of Shiyao dian coal mine, vegetation on the soil surface may be destroyed to a certain extent, soil structure may be significantly changed, some existing soil and water conservation facilities may be damaged, and a large number of discarded soil and dregs may be produced at the same time. In view of the existing problems of serious soil and water loss and deteriorating ecological environment in the construction and production stages, the area of disturbed primary landform, the area of land damage and vegetation destruction, the total amount of disposed soil and dregs, the damaged area and amount of soil and water conservation facilities, and the possibly increased amount of soil erosion by water and wind are predicted based on the investigation information and the analyses of related data and documents. The results of the predication can provide a scientific foundation and technical supports for rational implantation of the measures for soil and water conservation and ecological rehabilitation of Shiyao dian coal mine.

Keywords: soil and water loss; disposed soil and dreg; soil and water conservation

我国是以煤炭为主要能源的国家,煤炭产量 1997 年已达 1.33×10^9 t,居世界第一位。煤炭资源的开发在给国家提供大量的能源和原材料,创造巨大的物质财富,为国民经济的快速发展提供巨大的能源保障的同时也给生态环境造成了一定的破坏,产生了大量的水土流失,给矿区人民的生产、生活造成了严重的影响。水土生态环境是人类生存的基本条件,是经济社会发展的基础。我国是一个人口众多的发展中国家,也是一个水土流失十分严重的国家^[1-2]。水

土流失不仅导致宝贵的水土资源大量流失,造成洪水泛滥,干旱缺水,粮食低产和地区贫困等生态环境问题和社会经济难题,而且会造成土地贫瘠化和沙漠化,成为我国资源、环境与社会、经济可持续发展的主要限制因素^[2-6]。控制水土流失,改善生态环境已成为我国亟待解决的头号环境问题^[3,5-6]。

社会发展和科学技术的进步强化了人类对自然资源的利用,提高了工业对自然景观改造的影响强度。采矿工业引起了自然景观最大程度的,难以恢复

收稿日期:2008-05-29

修回日期:2008-07-18

资助项目:973 项目“中国主要水蚀区土壤侵蚀过程与调控研究”子专题“水土保持措施作用机理和适宜性评价”(2007CB407206);西安理工大学优秀博士生科研基金(207-210009)

作者简介:邹兵华(1982—),男(汉族),湖北省当阳市人,硕士研究生,研究方向为水土资源与生态环境。E-mail: zbh2340@163.com。

的变化^[7-8]。矿区开发不仅可给土壤环境带来直接影响(各种类型固体废物排弃场、采矿场、塌陷地、尾矿库等),而且还以各种各样的废弃物(包括开矿后形成的废渣以及洗矿的废水等)形式直接或间接地污染河流、水库、地下水等。世界经验证明,传统的开发建设方式会导致资源枯竭、环境污染和生态恶化的后果,是不可持续的^[7]。社会经济的可持续发展将主要依赖可再生资源的可持续开发利用和一个可持续的生态环境^[8],因此,开发建设活动必须做到在开发建设活动中保护生态环境,改善生态环境质量,保持生态环境的可持续利用性^[7-9]。

石窑店煤矿在生产建设过程中会不同程度地破坏地表植被,改变土壤结构,损坏现有的水土保持设施,使其原有的水土保持功能降低或丧失,同时产生大量的弃土弃渣。若不及时采取有效的防治措施,将会产生新的水土流失,加速当地的土地荒漠化和水土资源损失^[5,8],对矿区及周边生态环境造成不良影响。由于矿区生态环境脆弱,一旦破坏,很难自行恢复^[6,10]。水土流失预测的准确与否关系到能否有效扼制矿区水土流失,合理布设水保措施,改善生态环境。目前对水土流失的预测缺乏合理的方法和准确的测算,大多是照搬一些自然状态下的土壤侵蚀方程。对采煤项目的水土流失量进行准确的预测,对于合理布设治理措施,保护生态环境,合理开发和利用自然资源,促进开发建设项目的可持续发展有着重大的意义。

本研究通过现场勘测和收集资料,分析了开发建设对水土流失可能产生的危害,预测了开发建设可能造成新增水土流失,为石窑店煤矿在建设及生产过程中水土保持工程措施和生态环境修复措施的布设提供科学依据和技术支撑。

1 矿井工程建设及项目区概况

石窑店矿井建设工程是由陕西省神木县煤炭开发经营总公司投资的大型新建项目,建设总工期为20个月;总服务年限142 a,其中首采区16.8 a;项目建设永久占地17.81 hm²,其中工业场地11.20 hm²。

石窑店煤矿是神府煤田矿井之一,位于陕西省神木县东北部,府谷县西部,属于神府矿区新民开采区的一部分。项目内地表地形支离破碎,属于典型的黄土高原丘陵地貌区,地貌类型为黄土梁、覆沙黄土梁、黄土峁、覆沙黄土峁、黄土谷坡、河流阶地和河流漫滩。地表组成物质主要为全新统风积砂、冲积相砂和沙砾石层,更新统马兰黄土和离石黄土。其中风积砂耐风蚀性差,是主要的风力侵蚀源。马兰黄土和离石

黄土耐水蚀性差,是主要的水力侵蚀源;一级水系为牯牛川,年平均流量为3.52 m³/s,较大二级水系有大板兔川、小板兔川。气候属中温带大陆性干旱—半干旱季风气候,多年平均气温10.3℃,年平均气温差33.2℃;年平均降雨量339.4 mm,降雨量主要集中在7—9月份,约占年降雨量的50%~60%。地带性植被为落叶阔叶林,植被类型较为单调,植被覆盖率较低,东部植被覆盖度高于西部。

由于受多种因素的影响,项目区土壤侵蚀严重,土壤侵蚀类型主要包括水力侵蚀、风力侵蚀和重力侵蚀。水力侵蚀普遍存在,为该区主要土壤侵蚀类型。风力侵蚀主要发生在冬春季,尤其是春季干旱无雨情况下,遇到大风降温,常有沙尘天气。重力侵蚀一般与水力侵蚀共存,主要分布在黄土覆盖区,侵蚀形式表现为崩塌及小型滑坡等。人为侵蚀主要是煤矿建设与开采等过程中大量人为弃土、弃渣等引起的水土流失。项目所在地神木县总面积7 528 km²,其中水土流失面积6 700 km²,占全县总土地面积的89.0%;项目所在地府谷县总面积3 200 km²,其中水土流失面积3 000 km²,占全县总土地面积的93.75%。

2 煤矿建设及生产过程水土流失预测

根据石窑店煤矿建设及生产运行特点,在查清煤矿生产建设过程中可能损坏、扰动地表植被面积,弃土弃渣的来源、数量、堆放方式、地点及占地面积的基础上,结合当地水土流失特征,采用科学合理的预测方法,对可能造成水土流失的形式、强度、数量、危害等作出预测,为制定水土流失防治措施的总体布局和各单项防治措施设计提供依据。

2.1 煤矿建设及生产过程中的水土流失成因分析

2.1.1 煤矿建设过程中的人为水土流失成因分析

煤矿建设项目对水土流失的影响主要发生在建设期。煤矿建设过程中大量占用土地,进行场地平整,建筑物兴建等改变了原地貌形态,破坏了地表土层结构,同时损坏了植被层产生大量的裸露地面和疏松土体,使土壤抗蚀抗冲能力下降,同时煤矿建设区永久性道路及临时性道路工程开挖量大,必将产生大量弃土。由于工程用地及影响范围内原地貌植被所具有的水土保持功能迅速降低或丧失,并为水土流失的发生发展提供了松散堆积物,水土流失强度急剧增加。

2.1.2 煤矿生产过程中的人为水土流失成因分析

开采期由于地面大规模的建设活动结束,再塑地貌活动的影响由地面转入地下。煤矿生产过程中引起水土流失的原因主要有3个方面。一是生产过程中产生的大量矸石等弃渣在运输、堆放过程造成的水土流

失;二是因采空区引起地表沉陷等地表变形,改变了原有地表形态,可能引起滑坡、坍塌等导致植被损坏,从而加剧水土流失;三是因地下水的疏干,可能影响地表植被涵养水层的水资源,影响地表植被生长,进而使生态环境恶化,土地沙化而加剧水土流失。

2.2 水土流失预测的内容和方法

2.2.1 矿井建设及生产过程中人为水土流失量预测

煤矿在生产建设的过程中弃土弃渣的堆放、场区的开挖压占和井田开采区的沉陷不可避免地地对地表土壤、植被扰动破坏,同时还会损坏现有的水土保持设施。工业场地设施施工建设和矿井井巷开拓建设工程会产生大量弃渣;对于扰动、损坏、压占地貌植被面积和损坏现有水土保持设施的面积和数量的预测,主要依据工程设计文件,结合外业踏勘、类比调查及地表沉陷预测等方法确定。对项目建设排放的弃渣量,按照设计文件提供的有关数据,结合项目类比调查进行测算。

2.2.2 新增水土流失量的预测

(1) 扰动地表流失量预测^[11]。扰动地表新增水土流失按下式计算^[11]

$$W_{Si} = \sum_{i=1}^5 F_i \times (M_{Si} - M_{0i}) \times T_i \quad (1)$$

式中: W_{Si} ——扰动地表新增水土流失量(t); n ——预测单元,1,2,3,4,5; F_i ——第 i 个预测单元的面积(扰动面积)(km^2); M_{Si} ——扰动后不同预测单元不同时间段的土壤侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$]; M_{0i} ——扰动前不同预测单元土壤侵蚀模数 [$\text{t}/(\text{km}^2 \cdot \text{a})$]; T_i ——预测时段(扰动时段, a)。

当各区土壤侵蚀强度恢复到扰动前土壤侵蚀模数值及以下时,不再计算。

(2) 弃渣量预测。根据建设项目土石方平衡计算弃渣量。

(3) 井田开采沉陷区水土流失预测评价。根据矿井地质采煤条件,地表沉陷的预测方法是采用国家

煤炭工业局《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中推荐的概率积分法中的最大值预测方法。

根据地表沉陷预测结果,并与类似矿井地貌、产量、煤层情况进行比较,分析其扰动地表,破坏植被,使土壤结构变松,保水抗蚀性降低,进而增加土壤侵蚀和土地沙化等水土流失情况。按《能源基地晋陕蒙接壤地区地下水资源评价与合理开发利用》研究成果进行类比,按照公式(1)预测不设防时,塌陷区水土流失量。

2.3 建设期水土流失预测结果

2.3.1 扰动原地貌,损坏土地和植被面积 该煤矿建设及生产过程中的临时占地及永久占地全部计为损坏原地貌植被的面积,共计为 28.32 hm^2 。

2.3.2 矿井建设过程中弃渣总量 石窑店矿井施工过程中建设期弃土、弃石、弃渣总量见表1,合计弃渣 $2.08 \times 10^4 \text{ m}^3$,约合 $3.59 \times 10^4 \text{ t}$ 。

2.3.3 损坏水土保持设施的面积和数量预测结果 该项目损坏水土保持设施的面积总计 28.32 hm^2 ,其性质主要为具有防风固沙功能的沙生植被、沙结皮和生物结皮等天然形成的水土保持设施。

2.3.4 可能造成新增水土流失面积的预测结果 该矿井项目建设期可能造成水土流失面积按损坏土地和植被面积 28.32 km^2 计算。

2.4 生产期可能造成水土流失预测结果

2.4.1 生产期弃土、弃石、弃渣量 石窑店矿井生产运行期弃渣总量预测结果详见表2。

石窑店煤矿生产期产生的弃土弃渣主要有煤矸石与生活垃圾以及锅炉灰渣。其中生活垃圾统一交由所在地环卫部门处理,锅炉灰渣可用作铺路材料加以利用。剩余的煤矸石在生产期产生 $2.08 \times 10^5 \text{ m}^3$ 弃渣,折合弃矸约 $3.74 \times 10^5 \text{ t}$ 。

表1 煤矿建设期弃土、弃石、弃渣量

项目	排弃量/ 10^4 m^3	容重/ ($\text{t} \cdot \text{m}^{-3}$)	折算重量/ 10^4 t	弃渣成分
专用场地清表	0.24	1.80	0.43	风沙土、黄绵土
场区道路开挖	0.22	1.60	0.35	风沙土、黄绵土
场外道路路基开挖	0.48	1.60	0.77	风沙土、黄绵土
拦矸坝清基	0.78	1.80	1.40	风沙土、黄绵土
输电、输水线路	0.29	1.80	0.52	风沙土、黄绵土
建筑垃圾	0.06	1.80	0.11	建筑材料
生活垃圾(1.7 a)	0.01	0.60	0.01	较复杂、以有机物为主
合计	2.08		3.59	

2.4.2 沉陷区水土流失量预测结果

(1) 地表沉陷影响预测。

地表沉陷的预测方法及参数选取。根据石窑店井田的煤层赋存条件和井田开拓与井下开采方式等资料,按照国家煤炭工业局颁发的《建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规程》中推荐的概率积分法和“按覆岩性质区分的地表移动一般参数综合表”预测井田范围内地表移动、变形的程度及范围。地表沉陷预测方法为

最大下沉值(mm)

$$W_{cm} = M \cdot q \cdot \cos \quad (2)$$

最大倾斜值(mm/m)

$$i_{cm} = W_{cm} / r \quad (3)$$

最大曲率值($10^{-3}/m$)

$$K_{cm} = 1.52 W_{cm} / r^2 \quad (4)$$

最大水平移动值(mm)

$$U_{cm} = b \cdot W_{cm} \quad (5)$$

最大水平变形值(mm/m)

$$c_{cm} = 1.52 \cdot b \cdot W_{cm} / r \quad (6)$$

式中: M ——煤层开采厚度(mm); α ——煤层倾向;
 q ——下沉系数; b ——水平移动系数; r ——主要影响半径(m)。

地表沉陷预测结果。根据上述方法,按极值计算方法确定地表下沉、移动与变形值见表3。

表2 煤矿生产期弃土、弃石、弃渣总量

弃渣分类	年排量/ ($t \cdot a^{-1}$)	弃渣年数/ a	容重/ ($t \cdot m^{-3}$)	弃渣量	
				质量/t	体积/ m^3
煤矸石	45 000	8.3	1.8	373 500	207 500
锅炉灰渣	912	8.3	1.3	7 570	5 823
生活垃圾	203	8.3	0.6	1 685	2 808
合计	46 115			382 755	216 131

注:生活垃圾由环卫部门统一处理,锅炉灰渣可全部综合利用。

表3 地表下沉、移动与变形的预测结果

煤层编号	开采厚度/ m	最大下沉/ mm	最大倾斜/ ($mm \cdot m^{-1}$)	最大曲率/ ($10^{-3} \cdot m^{-1}$)	最大水平移动/ mm	最大水平变形/ ($mm \cdot m^{-1}$)	主要影响半径/m
2 ⁻²	2.60~3.13	1 690~2 030	56.3~67.7	2.85~3.43	500~600	25.3~30.4	30
3 ⁻²	1.24~2.91	800~1 890	16.0~37.8	0.49~1.15	240~560	7.3~17.0	50
5 ^{-2±}	0.80~1.97	500~1 280	7.14~18.3	0.16~0.40	150~380	3.26~8.25	70
5 ⁻²	1.26~5.19	810~3 370	10.1~42.1	0.20~0.80	240~1 000	4.6~19.0	80

由表3可知,5⁻²号煤层开采后其形成的地表最大下沉值为3 370 mm,最大倾斜值为42.1 mm/m,最大水平变形值为19.0 mm/m,最大曲率变形值为 $8.0 \times 10^{-4} m$ 。

(2) 地表沉陷对原地形地貌的影响分析。根据神东公司提供的有关资料,该井田地方小煤矿开采区基岩塌陷角为73°,黄土层塌陷角为45°,目前采空区地表沉陷面积约12.7 km²。该区地表沉陷主要表现为地面裂缝,裂缝宽度0~20 cm,长度50~100 m,深度0.8~1.5 m左右,少数陡峭黄土层有高坡垮落塌陷情况;采空区沉陷边界落差0.5~1.5 m,沉陷现象不明显。由于该井田开采时间相对较短,尚未见大面积沉陷区。

由地表沉陷预测可知,石窑店开采区5⁻²号煤层开采后地表沉陷的深度最小值0.81 m,最大值3.37 m,平均值2.01 m。由此可知,整个石窑店井田的开采会对原地形标高和地表形态产生一定影响,考虑到

沉陷的整体性和区域地形的相对高差,地表沉陷的最终影响不会改变区域总体地貌类型。

(3) 地表沉陷可能加剧的水土流失预测结果。地表沉陷的影响可能导致井田沉陷区植被受损、土地沙化等,从而使沉陷区部分土地生态质量下降形成土地恶化。

本研究根据《能源基地晋陕蒙接壤地区地下水资源评价与合理利用》研究成果,因采煤引起的沉陷区内土地恶化从而导致水土流失加剧的面积约为沉陷区面积的17%~21%,本设计按19%计。该本井田沉陷区面积为2 720.83 hm²,则该矿井首采沉陷区内土地恶化从而导致水土流失加剧的面积为516.96 hm²。

2.5 可能造成新增水土流失总量预测结果

2.5.1 破坏地表植被可能造成的新增水土流失总量

(1) 可能造成新增土壤水蚀总量。由计算可得,破坏地表植被被建设期可能造成的新增土壤水蚀总量约为 $1.57 \times 10^3 t$,生产期可能造成的新增土壤水蚀总量

约为 5.00×10^4 t,破坏地表植被共造成的新增土壤水蚀总量约为 5.15×10^4 t。

(2) 可能造成新增土壤风蚀总量。由计算可得,破坏地表植被建设期可能造成新增土壤风蚀总量约为 620 t,生产期可能造成新增土壤风蚀总量约为 2.38×10^4 t,破坏地表植被共造成的新增土壤风蚀总量约为 2.44×10^4 t。

由以上分析可以得出,石窑店煤矿在施工、生产过程中因破坏地表后,该区域将新增风蚀、水蚀总量为 7.60×10^4 t。

2.5.2 排放弃土弃渣总量 分别根据矿井建设和生产运行期弃渣总量预测结果,该矿井排放弃土弃渣总量为 4.09×10^5 t,其中建设期为 3.59×10^4 t,生产期为 3.74×10^5 t。

3 结论

(1) 石窑店煤矿在建设期破坏原始地貌和植被,可能造成的水土流失面积为 28.32 hm^2 ;排放的弃土、弃石、弃渣总量为 3.59×10^4 t;可能新增水土流失总量 2 190 t。按分区分类统计,工业场地等工程永久性占地及输电输水管线占地在建设期新增流失量 1 920 t,占 87.7%;弃渣场(矸石场)在建设期可能造成新增流失量 270 t,占到了新增流失总量的 12.3%。可见,煤矿建设期应该加强工业场地及其附属建筑物的水土流失防治,特别是加强临时防护措施的设立,植被的及时恢复和弃土弃渣的管理。按形成原因统计,建设期破坏地表新增水蚀、风蚀总量 2 190 t,其中新增水蚀量 1 570 t,占 71.7%;风蚀量 620 t,占 28.3%,因此,煤矿建设过程中水土保持工作以水蚀为主,应加强植被恢复重建工作。

(2) 该煤矿在生产过程中前 6.3 a 内首采区内因地表沉陷引起土地恶化进而可能造成水土流失的面

积为 516.96 hm^2 ;可能侵占的弃渣场面积约 3.0 hm^2 ;排放的弃土、弃石、弃渣总量为 3.74×10^5 t;可能新增水蚀、风蚀总量为 7.38×10^4 t,其中新增水蚀量为 5.00×10^4 t,新增风蚀量为 2.38×10^4 t,生产期新增水土流失量远大于建设期水土流失量,因此,生产期更应该把水土流失防治作为发展生产的基础。井田首采区范围大,生态环境脆弱,煤矿生产过程中必须加强监测,一旦出现有侵蚀危害加剧的趋势,必须尽早防治,以免造成大范围的土地荒漠化。

[参 考 文 献]

- [1] 中国科学院黄土高原综合科学考察队. 黄土高原地区土壤侵蚀区域特征及其治理途径[M]. 北京:中国科学技术出版社,1991.
- [2] 庄秀琴,苏典南. 关于水土保持生态修复相关问题的商榷[J]. 亚热带水土保持,2005,17(2):27—28.
- [3] 将定生. 黄土高原水土流失与治理模式[M]. 北京:中国水利出版社,1997.
- [4] 黄河水利委员会黄河上中游管理局. 黄土高原水土保持与研究[M]. 郑州:黄河水利出版社,1998.
- [5] 刘国彬,杨勤科,陈云明,等. 水土保持生态修复的若干科学问题[J]. 水土保持学报,2005,19(6):126—130.
- [6] 杨新民,李玲燕. 西北地区生态环境存在问题与生态修复对策[J]. 水土保持研究,2005,12(5):14—16.
- [7] 李文银,王治国,蔡继清. 工矿区水土保持[M]. 北京:科学出版社,1996.
- [8] 赵秉栋,赵军凯,宫少燕. 论生态修复在水土保持生态建设中的优化作用[J]. 水土保持研究,2004,11(3):105—108.
- [9] 汪习军. 人与自然和谐发展的思想指导黄土高原生态修复[J]. 中国水土保持,2004(6):6—8.
- [10] 高照良,彭珂珊. 西部地区生态修复与退耕还林还草研究[M]. 北京:中国文史出版社,2005.
- [11] 水利部水土保持监测中心. 《开发建设项目水土保持技术规范(GB50433-2008)》[S]. 2008.